

Verfahren zur Herstellung von Ti, Zr, Hf enthaltenden  
Gesenkschmiedeteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Gesenkschmiedeteilen, die im wesentlichen aus Titan, Zirkonium, Hafnium oder einer entsprechenden Legierung bestehen. Die Erfindung betrifft außerdem derartige Gesenkschmiedeteile.

Insbesondere Titan ist ein interessantes Leichtmetall, da es fast 50 % leichter ist als Stahl. Daher sind Ti, Zr, Hf - Bauteile im Kraftfahrzeugbereich besonders interessant, wenn ungefederte oder rotierende bzw. oszillierende Massen reduziert werden sollen. In diesem Zusammenhang sind Gesenkschmiedeteile (aus Stäben, Drähten), insbesondere geschmiedete Pleuel, Kurbel- und Nockenwellen oder Ventilteile zu nennen. Titan verfügt im Vergleich zu metallischen Werkstoffen jedoch über ein vergleichsweise niedriges Elastizitätsmodul (kurz: E-Modul in GPa; Materials Properties Handbook: Titanium Alloys, Editors: Boyer, Welsch, Collings, ASM International, Materials Park, OH 44073-002). So beträgt das E-Modul von Titan-Legierungen lediglich ca. 90 GPa, von Stahl ca. 210 GPa, von Al-Legierungen ca. 70 GPa und von Mg-Legierungen ca. 30 bis 40 GPa.

Gesenkschmiedeteile von sich in Motoren bewegenden Bauteilen aus Titan, wie beispielsweise Pleuels, Kurbelwellen, Nocken-

BEST AVAILABLE COPY

BEST AVAILABLE COPY

wellen und/oder Ventiltteilen, können folglich nur geringen Belastungen standhalten.

Im Stand der Technik sind Beschichtungsverfahren für Bauelemente beschrieben, die zu einer Härtung der Titanlegierung führen. DE 36 15 425 betrifft ein aufwändiges Plasmabeschichtungsverfahren mittels Titanlegierungen auf Maschinenelementen zu deren Härtung.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Gesenkschmiedeteilen, die im wesentlichen aus Ti, Zr, Hf oder einer entsprechenden Legierung bestehen, bereitzustellen, bei welchem ein hoher E-Modul der Gesenkschmiedeteile erzielt wird.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem zu 80 Gew. % oder mehr Ti und/oder Zr und/oder Hf enthaltende Materialien, oder Legierungen davon, in oder während des Umformens oberhalb 5- 15 K der  $\alpha/\beta$ - Phasengrenze erwärmt und anschließend abgekühlt werden. Vorzugsweise ist eine Erwärmung für ca. 20 bis 60 Minuten vorzusehen. Dadurch wird erreicht, dass das E-Modul und Festigkeit der verwendeten Ti, Zr, Hf - Materialien in und während der Herstellung des Gesenkschmiedeteils erhöht wird.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens können im Vergleich zu Stahlbauteilen bis zu 35 % oder mehr der oszillierenden Massen in einem Motor, insbesondere bei Pleuel, Kurbel- und Nockenwellen und/oder Ventiltteilen, reduziert werden. Vorteile ergeben sich hinsichtlich verbesserter Motordynamik, geringerer Geräuschemission, Entfall der Lancaster - Ausgleichswelle sowie Kraftstoffeinsparung.

Als Ti, Zr, Hf - Materialien sind erfindungsgemäß geeignet Titan als solches, Zirkonium als solches, Hafnium als solches; bevorzugt jedoch Legierungen enthaltend Ti und/oder Zr und/oder Hf zu 80 Gew. % oder mehr, vorzugsweise 90 Gew. %. Besonders bevorzugt sind jedoch Titan - Legierungen mit einem Anteil an 80 Gew. % Titan, vorzugsweise 90 Gew. % Titan. Zr und Hf können als weitere Nebenbestandteile in der Größenordnung 1 - 20 Gew. %, vorzugsweise 5 - 15 Gew. % enthalten sein. Ebenfalls können Beimengungen üblicher Metalle enthalten sein, wie Al, Si, Mg, Fe, Ni, Co, Mo, V oder anderer Leicht- und Schwermetalle. Weitere bevorzugte Legierungen sind Ti Al 6 V 4 oder Ti Al 6 Fe 2 Si, wie sie im Kraftfahrzeugbau zum Einsatz kommen.

Erfindungsgemäß werden  $\alpha/\beta$ -Ti-Legierungen bzw.  $\alpha/\beta$ -Ti enthaltende Materialien, die sowohl an hochfester, kubisch raumzentrierter  $\beta$ -Phase als auch an hexagonaler  $\alpha$ -Phase mit hohem E-Modul verfügen, verwendet. Beim so genannten Hochtemperaturumformen werden mehr  $\beta$ -Phasen und beim Niedrigtemperaturumformen mehr  $\alpha$ -Phasen gebildet. Erfindungsgemäß wird im  $\alpha/\beta$ -Gebiet umgeformt und zwar beim Erwärmen 5-15°C vorzugsweise 8 - 10 - 12°C oberhalb der  $\alpha/\beta$ -Phasengrenze. Bei reinem Titan geht beispielsweise bei 882,5°C  $\alpha$ -Ti in  $\beta$ -Ti über (so genannte  $\alpha/\beta$ -Phasengrenze), d.h. die Erwärmung sollte erfindungsgemäß bei 887 - 897°C erfolgen. Für Ti Al 6 V 4 oder Ti Al 6 Fe 2 Si liegt der entsprechende bevorzugte Erwärmungswert bei 975°C  $\pm$ 15°C.

Die Erwärmungsdauer im besagten Temperaturbereich beträgt mindestens 20 Minuten bis 45 Minuten oder länger, vorzugsweise jedoch nicht länger als 1 Stunde.

Hierdurch wird beim Aufwärmen die  $\alpha$ -Niedrigtemperaturphase durch die  $\beta$ -Hochtemperaturphase derart durchsetzt, dass sich

eine  $\alpha/\beta$ -Webstruktur bzw. ein erfindungsgemäßer Verbundwerkstoff ergibt (Figur 1), der die hohen Festigkeitseigenschaften der  $\beta$ -Phase sowie den höheren E-Modul der  $\alpha$ -Phase erfindungsgemäß vereinigt. Dieses temperaturabhängige Umformgebiet ist sehr eng auszuwählen, bzw. es sind Erwärmungs- bzw. Umformtemperaturen von  $\pm 15$  K, vorzugsweise  $\pm 5$  K um den optimalen Umformbereich von 10 K oberhalb der  $\alpha/\beta$ -Phasengrenze einzustellen. Wird dieser Bereich verlassen, so liegen entweder isolierte  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Phasen in einer  $\beta$ - bzw.  $\alpha$ -Grundmatrix vor (Figur 2), so dass nachteilig der niedrige E-Modul der  $\beta$ -Phase resultiert. Die gewünschte  $\alpha/\beta$ -Webstruktur lässt sich erfindungsgemäß hinsichtlich einer stärkeren Durchflechtung der  $\alpha$ - und  $\beta$ -Phasen verbessern, indem nach dem Umformen langsam an Luft bzw. in Gasatmosphäre abgekühlt wird. Hierdurch wird die  $\alpha/\beta$ -Webstruktur weiter durch die  $\alpha$ -Phase durchsetzt. Im Ergebnis wird eine alternierende Anordnung der  $\alpha$ -Phase und der  $\beta$ -Phase im Material erreicht. Im weitesten Sinne wird eine Mischphase in einer  $\alpha/\beta$ -Webstruktur erhalten. Erfindungsgemäß kann sich nach dem Umformen ein Entspannungsglühen bei  $650 \pm 50^\circ\text{C}$  anschließen, um neben dem Abbau ungewünschter Umformeigenspannungen eine stärkere Durchsetzung der  $\alpha/\beta$ -Webstruktur mit der  $\alpha$ -Phase mit hohem E-Modul zu erzielen (Figur 3). Hierbei ist die Glühzeit derart zu begrenzen, dass die  $\alpha/\beta$ -Webstruktur nicht zerstört wird. Anhand bei  $975^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  gesenkgeschmiedeter Ti-Pleueln, die nach dem Umformen langsam in Luft abkühlten, konnte bei den  $\alpha/\beta$ -Legierungen Ti Al 6 V 4 ein E-Modul von 130 GPa bzw. Ti Al 6 Fe 2 Si ein E-Modul von 140 GPa realisiert werden. Ein anschließendes Entspannungsarmglühen bei  $650^\circ\text{C}$  erbringt eine zusätzliche E-Modulsteigerung von mindestens 5 GPa. Die durch das erfindungsgemäße Verfahren erzielte Zugfestigkeit liegt bei Legierungen (z.B. Ti Al 6 V 4, Ti Al 6 Fe 2 Si) oberhalb 1100 MPa bzw. die Dehngrenze oberhalb 1000 MPa. Dies entspricht den Festigkeitswerten hochfester  $\beta$ -Ti-Legierungen, die oberhalb

denen von Stahl liegen. So konnte vorteilhaft die oszillierende Masse bei Ti Al 6 Fe 2 Si- Pleueln im Vergleich zu hochfesten Stahlpleueln bis zu 35% - 45 % reduziert werden.

Beschreibung der Figuren:

Figur 1:

$\alpha$  /  $\beta$ - Webgefüge (Webstruktur) eines bei 975 °C geschmiedeten Ti-Pleuels aus Ti Al 6 Fe2 Si (weiße  $\alpha$ - und graue  $\beta$ - Lamellen).

Figur 2:

$\alpha$  /  $\beta$ - Webgefüge (Webstruktur) eines bei 990 °C geschmiedeten Ti-Pleuels aus Ti Al 6 Fe 2 Si mit isolierten weißen  $\alpha$ - Inseln.

Figur 3:

Optimales  $\alpha$  /  $\beta$ - Webgefüge (Webstruktur) eines bei 975 °C umgeformten und dann bei 650 °C spannungsarmgeglühten Ti-Pleuels aus Ti Al 6 Fe2 Si (weiße  $\alpha$ - und graue  $\beta$ - Lamellen).

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Gesenkschmiedeteilen, insbesondere von sich in Motoren bewegenden Gesenkschmiedeteilen wie Pleuels, Kurbelwellen, Nockenwellen und/oder Ventiltteilen, aus zu 80 Gew. % oder mehr Ti und/oder Zr und/oder Hf enthaltendem Material, wobei das Gesenkschmiedeteil beim Umformen auf 5 - 15 K oberhalb der  $\alpha/\beta$  - Phasengrenze erwärmt und anschließend abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Material für ca. 20 bis 60 Minuten erwärmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Entspannungsglühen bei 600 - 700 °C nach dem Abkühlen erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das E-Modul und die Festigkeit in der Ti und/oder und/oder Zr und/oder Hf enthaltende Materialien, oder Legierungen davon, erhöht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

dass eine Titan-Legierung 1- 20 Gew. % oder 5- 15 Gew. % Zr und/oder Hf und ggf. Beimengungen anderer Leicht - oder Schwermetalle enthält.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Titan-Legierung 90 Gew. % Titan enthält oder ausgewählt ist aus Ti Al 6 V 4 oder Ti Al 6 Fe2 Si.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein  $\alpha/\beta$  - Webgefüge oder Verbundwerkstoff ausgebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesenkschmiedeteil nach dem Schmieden langsam an Luft abgekühlt wird.
9. Gesenkschmiedeteil, insbesondere Pleuel, Kurbelwelle, Nockenwelle und/oder Ventilteil, erhältlich aus einem Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 8.
10. Gesenkschmiedeteil, insbesondere Pleuel, Kurbelwelle, Nockenwelle und/oder Ventilteil, aus zu 80 Gew. % oder mehr Ti und/oder Zr und/oder Hf enthaltendem Material, oder einer Legierung davon, bei dem während des Umformens das Material auf 5- 15 K oberhalb der  $\alpha/\beta$  - Phasengrenze derart erwärmt und anschließend derart abgekühlt worden ist, dass ein erhöhter E-Modul vorliegt.